

## DISPLAYING METHOD OF PARTIALLY CURVED SURFACE

Publication number: JP59153255 (A)

Publication date: 1984-09-01

Inventor(s): UENISHI HIROBUMI

Applicant(s): HITACHI LTD

Classification:

- International: G06F3/153; G06F17/50; G06T15/00; G06T17/00; G09G5/36; G06F3/153; G06F17/50; G06T15/00; G06T17/00; G09G5/36; (IPC1-7): G06F3/14; G06F15/20; G09G1/06

- European: G06T17/00

Application number: JP19830026169 19830221

Priority number(s): JP19830026169 19830221

Also published as:

JP6052533 (B)

JP1923210 (C)

Abstract of JP 59153255 (A)

**PURPOSE:** To find out a curved surface area precisely by finding out the curved surface area from the normal line of a cut curved surface at one point on an intersecting line between a curved surface to be cut and the cut curved surface and applying the calculation to plural cut curved surface generating the border curved line between said intersecting line and the curved surface to be cut.

**CONSTITUTION:** The intersecting line 3 between the curved surface 1 to be cut and the cut curved surface 2 is found out by a curved line having its values on the space of (u), V parameters of the curved surface to be cut. A normal line vector turned to the front side of the cut curved surface 2 is calculated at one point P on the intersecting line 3 and a vector 6 projected to a tangential plane 5 at the point P of the curved surface 1 is formed to fix area specifying data; intersecting points P1, P2 between the intersecting line 3 and the partial curved surface border line 7 are found out and the curved line 7 is coupled to form a new border curved line 10. Subsequently, curved lines 21'-24', 25'-29' in the (u), V parameter directions are formed like mesh, intersecting points P1-P10 with the curved line 10 are found out, the curved lines 21'-29' are divided by the intersecting points P1-P10 and only the inside of the partially curved surface area is taken out and displayed. Thus, the partially curved surface can be displayed precisely.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑭ 特許出願公開

⑯ 公開特許公報 (A)

昭59-153255

⑮ Int. Cl.<sup>3</sup>

G 06 F 15/20

3/14

G 09 G 1/06

識別記号

1 0 3

庁内整理番号

7157-5B

7060-5B

7923-5C

⑯ 公開 昭和59年(1984)9月1日

発明の数 1

審査請求 未請求

(全 6 頁)

⑰ 部分曲面の表示方式

地株式会社日立製作所中央研究所内

⑰ 特 願 昭58-26169

⑰ 出 願 昭58(1983)2月21日

⑰ 発 明 者 上西博文

園分寺市東恋ヶ窪1丁目280番

⑰ 出 願 人 株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内1丁目5番1号

⑰ 代 理 人 弁理士 高橋明夫 外1名

明 細 書

発明の名称 部分曲面の表示方式

特許請求の範囲

二つのパラメータ、Vによって表わされる三次元曲面のデータを記憶する手段と、曲面を図形表示する手段と、曲面の表示データを生成する手段を有する三次元図形処理装置において、曲面を切断する曲面部分化の操作に対して、部分曲面の境界を規定するため、曲面パラメータ、V空間に値をとる二次元閉曲線と、そのどちら側が部分曲面領域を示す領域指示データを生成し、曲面を表示するための表示用曲線を曲面パラメータ、V空間に値をとる曲線として生成し、この曲線と部分曲面境界を規定する上記二次元閉曲線との交点を計算し、交点のどちら側の区間が部分曲面領域内にあるかを上記領域指示データから判定し、部分曲面領域内部にある部分だけを表示用曲線として生成する手段を設けたことを特徴とする曲面表示方式。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は、三次元部分曲面の生成方式と表示方式に係り、特に曲面切断の操作に対して好適な部分曲面の生成方式と表示方式に関する。

〔従来技術〕

従来、切断操作が与えられた部分曲面を表わすには、部分曲面を三角形分割して多面体で近似する方法が知られているが、この方法は形状モデルとの誤差が大きいため、高精度表示や数値制御加工には適していないという欠点があった。

〔発明の目的〕

本発明は、平面、円筒などの初等幾何曲面から自由曲面までを対象とし、切断操作によって部分化される曲面を精度良く生成する部分曲面生成方式と、高精度な表示を可能とする部分曲面表示方式を提供することにある。

〔発明の概要〕

部分曲面を表わす方法としては、前述の多面体近似法以外に、次の方法が考えられる。

(1) 第1図に示すように曲面を細かな曲面パッチ

S1～S25に分割して部分曲面を近似する。

- (2) 第2図に示すように、曲面S上に三次元閉曲線Cを与え、この曲線の各点で部分曲面の領域を指示するベクトルVを定義する。

(1)の方法は、前述の多面体近く近似法に類似の方法であるが、曲面Pannaで近似するため精度は良くなる。しかしこの方法では曲面部分化の操作が加わることに曲面Pannaを再構成せざるを得ず、曲面データが変化するという欠点をもつ。したがって誤操作が加えられたとき、もとの形状が回復できなくなるため、図形処理システムの一般的形態である対話型処理には適さないという問題がある。また(2)の方法は、本発明に類似の方法であり、部分曲面の境界曲線に三次元曲線を使うため、本方式のように、曲面パラメータ、V空間に値をとる特殊な曲線形式を用意する必要があるという利点をもっている。

但し、自由曲面のように複雑な曲面を対象とするときは、次のような事情で信頼性が低下する。

例えば曲面上にU、V曲線を生じさせて、曲面

をメッシュ状に表示しようとする場合、境界曲線と表示用メッシュ曲線の交点を計算し、部分曲面外の部分を切り捨てる処理が必要となる。この場合、交点計算の対象となる両曲線はともに空間曲線であつて自由曲線のため計算誤差をもっており、厳密な意味では交わっていないため、常に両曲線が重なるような状況になれば、正しく交点を求めることは困難となる。

本発明は、このような欠点を解決することを目的としたものである。すなわち(1)の方法のように曲面データが部分化の操作のたびに変化するという欠点については、曲面データを固定させるのではなく、境界曲線と領域指示データを曲面データに付随させるという方法で解決した。また(2)の方法のように三次元曲線間の交点計算の信頼性が低いという問題については、部分曲面の境界曲線と表示用のメッシュ曲線をともに曲面パラメータU、V空間に値をとる二次元曲線として生成することによって信頼性の高い二次元の交点計算処理に帰着させた。以上が本発明の動機と考え方である。

#### 〔発明の実施例〕

つきに部分曲面の生成方式と表示方式の概要を実施例で説明する。曲面の切斷方法は、④他の曲面で切斷する、⑤ある方向から見て指定曲線の一方の側の切斷するといった方法があるが、上記⑤の方法は、曲線のある方向に十分な長さだけ平行移動した曲面で切斷する方法と同様であるから、以下、曲面で切斷する場合について説明する。また曲面のどちら側を切斷し去るのかという点に関しては、一義性を失うことなく、切斷面の表側、すなわち  $\frac{\partial S}{\partial U} \times \frac{\partial S}{\partial V}$  (Sは切斷面を表わす式)で定まる側と仮定する。

以下、部分曲面の生成方式の概要を第3図に従い説明する。

- ① 被切斷曲面1と切斷曲面2の交線3を、被切斷曲面のU、Vパラメータ空間に値をとる曲線と求める(第3図(a))。……〔I〕交線計算
- ② 交線3上の一点Pにおいて、切斷曲面2の表側を向いた法線ベクトルMを計算し、これを被切斷曲面1のPにおける接平面5に射影したベ

クトル6を作り、これによつて前記の領域指示データを定める(第3図(b))。……〔II〕領域指示データの生成

- ③ 交線3と被切斷面の部分曲面境界曲線7との交点P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>を求め、曲線と曲線7を結合して新たな境界曲線10を生成する。……〔III〕境界曲線の生成

以上が部分曲面生成方式の概要である。つきに部分曲面の表示方式を第4図に従い説明する。曲面の表示法には、ワイヤフレーム表示、曲面メッシュ表示、折面表示、陰影表示などがあるが、ここでは曲面をメッシュ曲線で表示する方法について説明する。

- ① 曲面のU方向曲線2'1'～2'4'、V方向曲線2'5'～2'9'を生成する(第4図(a))。……〔IV〕曲面メッシュ曲線の生成
- ② 曲線2'1'～2'9'と部分曲面境界曲線10との交点P<sub>1</sub>～P<sub>10</sub>を求める(第4図(b))。つぎに曲線2'1'～2'9'を各々、交点P<sub>1</sub>～P<sub>10</sub>によつて分割し、部分曲面領域内部にある

部分だけを、領域指示データに従って取り出し表示する(第4図(4))。……〔V〕曲面メッシュ曲線の切斷

以上が部分曲面の生成方式と表示方式の概要である。以下、上記の項目〔I〕～〔V〕に関して詳細に説明する。

#### 〔I〕交線計算

交線計算法については、各種の方法が提案されているので、ここでは交線を曲面パラメータ空間に値をとる曲線として求められるということについて説明する。被切断面を $S(u, V)$ 、切断面を $S'(u', V')$ とする。 $S, S'$ はそれぞれ $u, V$ と $u', V'$ をパラメータとし、三次元空間に値をとるベクトル値関数で書ける。

すなわち、

$$S(u, V) = (S_x(u, V), S_y(u, V), S_z(u, V)) \\ S'(u', V') = (S'_x(u', V'), S'_y(u', V'), S'_z(u', V'))$$

である。

交線は $S(u, V) = S'(u', V')$ なる連立方程式の解である。

$$u_{i+1} = u_i + du_i; \quad V_{i+1} = a(u_i + du_i) + b \\ u'_{i+1} = u'_i + du'_i; \quad V'_{i+1} = V'_i + dV'_i; \quad (i=0, 1, 2, \dots)$$

とおき変えて、必要な精度に達するまで繰り返せばよい。全体の曲線イメージを得るためには、初期値を交線の近似折線上に次々にとつて、上記計算を繰り返せば、交線の通過点が点列として求まるから、これに適当な曲線補間式をあてはめて、交線とする。

#### 〔II〕領域指示データの生成

〔I〕で求めた交線に関する領域指示データの生成方法について第5図を用いて説明する。領域指示データは、部分曲面境界のどちら側が部分曲面領域であるかを示すデータである。以下の説明では、領域指示データを、 $u, V$ パラメータ空間におけるベクトルで、境界曲線に $u, V$ パラメータ空間で直交するものと定義し、これを領域指示ベクトルと呼ぶ。

以下この領域指示ベクトルの生成法について説明する。概要で述べたように、切斷され除去される部分は、切斷面の裏側にある部分とする。

ここでこの式は方程式が3個、未知数が4個なので自由度がひとつあるため、パラメータ $t$ を導入して、

$$u = f_1(t), \quad V = f_2(t), \quad u' = f_3(t), \quad V' = f_4(t)$$

と解くことができる。具体的な計算法は次の通りである。式の変形だけで解ける場合は問題がないから、ここではNewton法によつて解く方法を説明する。まず $S, S'$ を多面体で近似して交線を折線で近似しておく。こうすればNewton法に必要な初期値 $u_0, V_0, u'_0, V'_0$ と、交線の式を解くための $u, V, u', V'$ 間の拘束条件、例えば $V = au + b$ を得ることができる。したがつて

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial S_x}{\partial u} + a \frac{\partial S_x}{\partial V} - \frac{\partial S'_x}{\partial u'} - \frac{\partial S'_x}{\partial V'} \\ \frac{\partial S_y}{\partial u} + a \frac{\partial S_y}{\partial V} - \frac{\partial S'_y}{\partial u'} - \frac{\partial S'_y}{\partial V'} \\ \frac{\partial S_z}{\partial u} + a \frac{\partial S_z}{\partial V} - \frac{\partial S'_z}{\partial u'} - \frac{\partial S'_z}{\partial V'} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} du \\ dV \\ dV' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_x - S'_x \\ S_y - S'_y \\ S_z - S'_z \end{bmatrix}$$

なる連立方程式を解き、

第5図において被切断面1と切断面2の交線を3とし、交線上の1点Pにおける切断面2の法を向く領域ベクトル $\vec{N}$ とする。またPにおける被切断面の接平面5の上に $\vec{N}$ を射影して得られるベクトル $\vec{N}_1$ とする。 $\vec{N}_1$ の切断面 $u, V$ パラメータ空間における像 $\vec{N}_1 = (u, V)$ は、次式を解いて得られる。

$$a \frac{\partial S}{\partial u} \{u_0, V_0\} + \beta \frac{\partial S}{\partial V} \{u_0, V_0\} = \vec{N}_1$$

ここで、 $u_0, V_0$ は点Pの $u, V$ パラメータ値、 $S$ は切断面の式とする。従つて領域指示ベクトル $\vec{R}$ は、 $\vec{N}_1$ をPにおける交線の $u, V$ 接ベクトルで直交分解したと見られる直交成分ベクトルである。

また領域ベクトルは1点Pだけで定めれば、交線上の各点で一意的に決定するから、上記の計算は1回だけでよい。

#### 〔III〕境界曲線の生成

被切斷曲面がすでに部分曲面化されているときに、〔I〕で求めた交線を加えて新たな部分曲面

境界曲線を生成する処理を説明する。第6図は、〔Ⅲ〕の処理の説明図であり、全て被切断面面の $u$ 、 $V$ パラメータ空間で記述してある。なお、 $u$ 、 $V$ の範囲は、 $0 \leq u$ 、 $V \leq 1$ に正規化してある。また第6図において3は〔Ⅰ〕で求めた交線、7は被切断面面の部分曲面境界曲線であり、11、12は曲線3と曲線7の領域指示ベクトルとする。まず曲線3と曲線7の交点 $\{P_i\}$   $i=1, n$ を計算する。つぎに第6図(b)に示すように必要ならば曲線3を延長して、曲線3と $u$ 、 $V$ パラメータ定義域の境界線8を結合し、閉曲線9を生成する。そして、曲線7と曲線9を交点 $\{P_i\}$   $i=1, n$ で分割して、曲線7と9の部分曲線7a、7b……と9a、9b……を生成する(第6図(c))。最後に部分曲線7a、7b……のうち閉曲線9の内側(領域指示ベクトルの向く側)にあるものと、部分曲線9a、9b……のうち閉曲線7の内側にいるものを選び出して、第6図(d)のごとく新しい部分曲面境界曲線10を生成する。ここで曲線7と9の内部にある部分曲線を選び出す処理は、次の

第7図(c)において閉曲線10は、部分曲面の境界曲線、ベクトル11は曲線10に付随した領域指示ベクトルである。まず直線21~31の各々と閉曲線10との交点を求める。もし交点がなければ、その直線は部分曲面領域内に存在しないから表示する必要はない。もし交点があれば、その直線を交点で分割し、閉曲線10の内部に存在する部分だけを選んで表示する。ここで閉曲線10の内部に存在する直線の部分を選び出す方法は、〔Ⅲ〕で説明した方法による。

以上が部分曲面の表示方式の詳細説明である。

第8図は本発明を実現するための三次元図形処理装置のブロック図である。ここで枠で囲った部分は装置を渡っており、装置は幾何データの流れるライン、破線は制御信号のラインである。101はキーボード、タブレット、スタイラスペン、ファンクションキー、カードリーダーから成る曲面データ入力装置、102は101から入力された曲面データを記憶するメモリ、103は曲面間交線、部分曲面境界曲線、曲面表示用のメッシュ

ように処理する。例として曲線9の内側に部分曲線7bが存在するか否かの判定法について説明する。まず曲線7b上の点で曲線9上にはない点 $Q_1$ を選び、 $Q_1$ から曲線9上への最短点 $Q_2$ を求める。そして $Q_2$ における領域指示ベクトル11とベクトル $Q_1Q_2$ との内積が正ならば曲線7bは曲線9の内側に、負ならば曲線7bは曲線9の外側に存在すると判定する。

以上が部分曲面の生成方式の詳細説明である。つぎに部分曲面の表示方式について詳細に説明する。

#### 〔Ⅳ〕 曲面メッシュ曲線の生成

曲面を表示するためのメッシュ曲線は、曲面の $u$ 、 $V$ パラメータ空間で、 $u$ 方向、 $V$ 方向に一定ピッチで生成する。この曲線は、 $u$ 、 $V$ パラメータ空間で直線であり、第7図(b)の直線21~31は $u$ 、 $V$ パラメータ空間におけるメッシュ曲線、第7図(b)の21'~31'は21~31に対応する三次元空間でのメッシュ曲線である。

#### 〔Ⅴ〕 曲面メッシュ曲線の切断

曲線など二次元曲線を記憶するメモリ、104は曲面間交線や部分曲面境界曲線に付随する領域指示データを記憶するメモリである。105は前記〔Ⅰ〕〔Ⅱ〕〔Ⅲ〕を処理する装置を制御する部分曲面生成制御装置であり、106は2曲面の交線を計算する交線計算装置、107は曲面データとその間の交線データから領域指示データ(領域指示ベクトル)を計算する装置、108は部分曲面境界曲線を107で求めた交線で切断し、新しい部分曲面境界曲線を生成する装置、109は2本の二次元曲線間の交点を計算する装置、110は109で計算した交点データを一時的に記憶するメモリである。又111は部分曲面表示制御装置であり、112は $[0,1] \times [0,1]$ 矩形領域に一定ピッチでメッシュ状の直線を生成する装置、113は直線を閉曲線データと領域指示データから切断する装置、114は曲面データに基づき、113で求めた線分に沿って三次元空間の点列を生成する表示データ生成装置、また116は図形データを表示するディスプレイ装置、115はデ

イスブレイ装置を制御する表示制御装置である。

〔発明の効果〕

本発明の効果は次の通りである。

- ① 部分曲面を精度よく生成できるため、生成された部分曲面については、高精度表示や数値制御加工が可能になる。
- ② 部分曲面の境界曲線を曲面の  $U$ 、 $V$  パラメータ空間に直をとる二次元曲線と生成するため、部分曲面の切断処理、表示処理の主要な部分は二次元の問題に帰着される。このため処理が容易になり、高い信頼性を保証することができる。
- ③ 次々と曲面の部分化を繰り返しても、劣化するのは部分曲線の境界曲線データだけであり、曲面データは劣化しない。従つて誤差があつても曲面データは保持されるという利点をもつ。

図面の簡単な説明

第1図、第2図は部分曲面の表示方式の例、第3図は部分曲面生成方式の概略、第4図は部分曲面の表示方式の概略を示す。第5図は領域指示ベクトルの求め方、第6図は部分曲面生成方式の詳

細説明図、第7図は部分曲面表示方式の詳細説明図である。第8図は本発明を実現するための三次元図形処理装置のブロック図である。

$S1 \sim S25 \dots$  部分曲面を近似するための曲面パッチ、 $S \dots$  曲面、 $C \dots$  三次元閉曲線、 $V1 \sim V6 \dots$  部分曲面領域を示すベクトル、 $1 \dots$  被切断面、 $2 \dots$  切断面、 $3 \dots 1$ 、 $2$  間の交線、 $4 \dots$  切断面の表側を向く法線ベクトル、 $5 \dots$  切断面の点  $P$  における接平面、 $6 \dots 4$  を  $5$  に射影したベクトル、 $7 \dots$  被切断面の部分曲面境界曲線、 $10 \dots$  新しく生成される部分曲面境界曲線、 $21' \sim 29' \dots$  曲面表示用のメッシュ曲線、 $8 \dots$  曲面パラメータ  $U$ 、 $V$  の定義域の境界線、 $9 \dots 3$  と  $8$  を結合した閉曲線、 $10 \dots$  新しく生成される部分曲面境界曲線、 $11$ 、 $12 \dots$  領域指示ベクトル、 $21 \sim 29 \dots U$ 、 $V$  パラメータ空間に生成される表示用メッシュ、 $21' \sim 29' \dots 21 \sim 29$  の三次元イメージ。

代理人 弁理士 高橋明夫



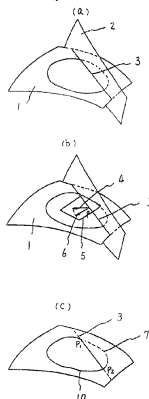
第1図



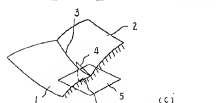
第2図



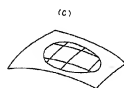
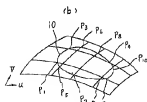
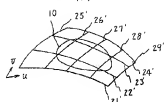
第3図



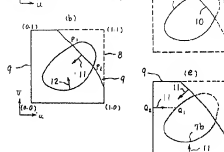
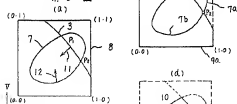
第 5 図



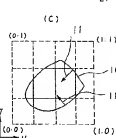
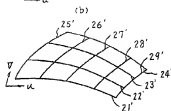
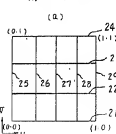
第 4 図



第 6 図



第 7 図



第 8 図

